

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第4658304号
(P4658304)

(45) 発行日 平成23年3月23日(2011.3.23)

(24) 登録日 平成23年1月7日(2011.1.7)

(51) Int.Cl.

F 1

G 11 B 5/39	(2006.01)	G 11 B 5/39
H 01 F 41/22	(2006.01)	H 01 F 41/22
H 01 L 43/08	(2006.01)	H 01 L 43/08
H 01 L 43/12	(2006.01)	H 01 L 43/12

Z

請求項の数 35 (全 18 頁)

(21) 出願番号	特願2000-312489 (P2000-312489)
(22) 出願日	平成12年10月12日 (2000.10.12)
(65) 公開番号	特開2001-176034 (P2001-176034A)
(43) 公開日	平成13年6月29日 (2001.6.29)
審査請求日	平成19年10月11日 (2007.10.11)
(31) 優先権主張番号	09/415247
(32) 優先日	平成11年10月12日 (1999.10.12)
(33) 優先権主張国	米国(US)

(73) 特許権者	500475649 ヘッドウェイテクノロジーズ インコーポ レイテッド アメリカ合衆国 カリフォルニア州 95 035 ミルピタス サウス ヒルビュー ドライブ 678
(74) 代理人	100109656 弁理士 三反崎 泰司
(74) 代理人	100098785 弁理士 藤島 洋一郎
(72) 発明者	ロンフ シャオ アメリカ合衆国 カリフォルニア州 94 539 フレモント リバーモア コム 43305

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】磁気抵抗効果構造の製造方法および磁気抵抗効果型ヘッドの製造方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

第1の反強磁性層を有する磁気抵抗効果素子を含むこととなるように、磁気抵抗効果構造の一部を形成する工程と、

前記第1の反強磁性層を含む前記磁気抵抗効果構造の一部に対して、第1の磁界下において第1の温度のアニール処理を第1の時間にわたって行うことにより、前記第1の反強磁性層に第1の交換結合磁界を生じさせる第1のアニール工程と、

第2の反強磁性層を含むこととなるように、前記磁気抵抗効果構造の残りの部分の形成を完了する工程と、

前記第2の反強磁性層の形成が完了した前記磁気抵抗効果構造に対して、前記第1の磁界よりも弱い強度の第2の磁界下で前記第1の温度よりも低い第2の温度のアニール処理を第2の時間にわたって行うことにより、前記第2の反強磁性層に第2の交換結合磁界を生じさせる第2のアニール工程と、

外部磁界を印加しない状態で、前記第2の温度よりも高い第3の温度のアニール処理を第3の時間にわたって行い、前記第2の交換結合磁界を増加させる第3のアニール工程とを含み、

これにより、前記第1の交換結合磁界が前記第2のアニール工程の期間中に低下した場合に、その第1の交換結合磁界を増加させて修復し前記第1の反強磁性層の安定性を向上させるようにした

ことを特徴とする磁気抵抗効果型ヘッドの製造方法。

10

20

【請求項 2】

前記第1の反強磁性層を、前記第2の反強磁性層よりもブロッキング温度の高い材料で構成する

ことを特徴とする請求項1記載の磁気抵抗効果型ヘッドの製造方法。

【請求項 3】

前記第1および第2の反強磁性層を、MnPt, NiMn, MnPdPtからなる規則系反強磁性材料の群から選ばれた同一の材料で構成する

ことを特徴とする請求項1記載の磁気抵抗効果型ヘッドの製造方法。

【請求項 4】

前記第1および第2の反強磁性層を、(規則系、規則系)という反強磁性材料層の組み合わせの群、または、(MnPt, FeMn), (MnPdPt, FeMn), (NiMn, FeMn), (MnPt, IrMn), (MnPdPt, IrMn), (NiMn, IrMn), (MnPt, NiO), (MnPt, FeMn), (MnPdPt, FeMn), および(NiMn, FeMn)からなる(規則系、不規則系)という反強磁性材料層の組み合わせの群から選ばれた、互いに異なる材料で構成する

ことを特徴とする請求項1記載の磁気抵抗効果型ヘッドの製造方法。

【請求項 5】

前記第1の反強磁性層を、前記第2の反強磁性層よりもブロッキング温度の高い材料で構成し、

前記第1および第2の反強磁性層を、(MnPt, FeMn), (MnPdPt, FeMn), (NiMn, FeMn), (MnPt, IrMn), (MnPdPt, IrMn), (NiMn, IrMn), (MnPt, NiO), (MnPt, FeMn), (MnPdPt, FeMn), および(NiMn, FeMn)からなる(規則系、不規則系)という反強磁性材料層の組み合わせの群から選ばれた、互いに異なる材料で構成する

ことを特徴とする請求項1記載の磁気抵抗効果型ヘッドの製造方法。

【請求項 6】

前記磁気抵抗効果構造が、前記第1の反強磁性層と交換結合された磁化方向固定層を有するようにした

ことを特徴とする請求項1記載の磁気抵抗効果型ヘッドの製造方法。

【請求項 7】

前記磁化方向固定層を、单一の軟磁性材料で構成する

ことを特徴とする請求項6記載の磁気抵抗効果型ヘッドの製造方法。

【請求項 8】

前記单一の軟磁性材料を、NiFe, Co, およびCoFeからなる群から選択する

ことを特徴とする請求項7記載の磁気抵抗効果型ヘッドの製造方法。

【請求項 9】

前記磁化方向固定層を、複数の軟磁性材料層の組合せにより構成する

ことを特徴とする請求項6記載の磁気抵抗効果型ヘッドの製造方法。

【請求項 10】

前記磁化方向固定層を、NiFe/CoFe, NiFe/Co, CoFe/NiFe, Co/NiFe, NiFe/CoNiFe, CoNiFe/NiFe, Co/CoNiFe, CoNiFe/Co, CoFe/Co, およびCo/CoFeからなる材料層の群から選ばれた複合強磁性材料(a composite FerroMagnetic material)で構成する

ことを特徴とする請求項6記載の磁気抵抗効果型ヘッドの製造方法。

【請求項 11】

前記磁化方向固定層を、NiFe, Co, CoFe, およびCoNiFeからなる群から選ばれた单一の軟磁性材料で構成し、

前記第1および第2の反強磁性層を、MnPt, NiMn, MnPdPtからなる群から選ばれた同一の材料で構成する

ことを特徴とする請求項6記載の磁気抵抗効果型ヘッドの製造方法。

10

20

30

40

50

【請求項 1 2】

前記磁化方向固定層を、NiFe / CoFe, NiFe / Co, CoFe / NiFe, Co / NiFe, NiFe / CoNiFe, CoNiFe / NiFe, Co / CoNiFe, CoNiFe / Co, CoFe / Co, およびCo / CoFeからなる群から選ばれた複合強磁性材料で構成し、

前記第1および第2の反強磁性層を、MnPt, NiMn, MnPdPtからなる群から選ばれた同一の材料で構成する

ことを特徴とする請求項6記載の磁気抵抗効果型ヘッドの製造方法。

【請求項 1 3】

前記磁化方向固定層を、NiFe, Co, CoFe, およびCoNiFeからなる群から選ばれた単一の軟磁性材料で構成し、

前記第1の反強磁性層を、前記第2の反強磁性層よりもプロッキング温度の高い材料で構成し、

前記第1および第2の反強磁性層を、(MnPt, FeMn), (MnPdPt, FeMn), (NiMn, FeMn), (MnPt, IrMn), (MnPdPt, IrMn), (NiMn, IrMn), (MnPt, NiO), (MnPdPt, FeMn), (MnPdPt, FeMn), および(NiMn, FeMn)からなる(規則系, 不規則系)という反強磁性材料層の組み合わせの群から選ばれた、互いに異なる材料で構成する

ことを特徴とする請求項6記載の磁気抵抗効果型ヘッドの製造方法。

【請求項 1 4】

前記磁化方向固定層を、NiFe / CoFe, NiFe / Co, CoFe / NiFe, Co / NiFe, CoNiFe / NiFe, NiFe / CoNiFe, Co / CoNiFe, CoNiFe / Co, CoFe / Co, およびCo / CoFeからなる群から選ばれた複合強磁性材料で構成し、

前記第1の反強磁性層を、前記第2の反強磁性層よりもプロッキング温度の高い材料で構成し、

前記第1および第2の反強磁性層を、(MnPt, FeMn), (MnPdPt, FeMn), (NiMn, FeMn), (MnPt, IrMn), (MnPdPt, IrMn), (NiMn, IrMn), (MnPt, NiO), (MnPdPt, FeMn), (MnPdPt, FeMn), および(NiMn, FeMn)からなる(規則系, 不規則系)という反強磁性材料層の組み合わせの群から選ばれた、互いに異なる材料で構成する

ことを特徴とする請求項6記載の磁気抵抗効果型ヘッドの製造方法。

【請求項 1 5】

フリー層, 導電体層および磁化方向固定層をこの順序で形成すると共に前記磁化方向固定層の上に第1の反強磁性層を形成することにより、これらの4層を含む磁気抵抗効果構造を形成する工程と、

前記磁気抵抗効果構造に第1の磁界を印加して第1の温度のアニール処理を第1の時間にわたって行うことにより、前記磁化方向固定層と前記第1の反強磁性層との間に第1の交換結合磁界を生じさせる第1のアニール工程と、

第2の反強磁性層を含むこととなるように、磁気抵抗効果型ヘッドの形成を完了する工程と、

前記第2の反強磁性層の形成に続いて、前記第1の磁界よりも弱い強度の第2の磁界下で前記第1の温度よりも低い第2の温度のアニール処理を第2の時間にわたって行うことにより、前記第2の反強磁性層に第2の交換結合磁界を生じさせる第2のアニール工程と、

外部磁界を印加しない状態で、前記第2の温度よりも高い第3の温度のアニール処理を第3の時間にわたって行うことにより、前記第2の交換結合磁界を増加させる第3のアニール工程と

を含み、

これにより、前記第1の交換結合磁界が前記第2のアニール工程の期間中に低下した場

10

20

30

40

50

合に、その第1の交換結合磁界を増加させて修復し前記第1の反強磁性層の安定性を向上させるようにした

ことを特徴とする磁気抵抗効果型ヘッドの製造方法。

【請求項16】

前記磁化方向固定層を、单一の軟磁性材料で構成することを特徴とする請求項15記載の磁気抵抗効果型ヘッドの製造方法。

【請求項17】

前記磁化方向固定層を、NiFe, Co, およびCoFeからなる群から選ばれた单一の軟磁性材料で構成する

ことを特徴とする請求項15記載の磁気抵抗効果型ヘッドの製造方法。 10

【請求項18】

前記磁化方向固定層を、複数の軟磁性材料層の組合せにより構成することを特徴とする請求項15記載の磁気抵抗効果型ヘッドの製造方法。

【請求項19】

前記磁化方向固定層を、NiFe/CoFe, NiFe/Co, CoFe/NiFe, Co/NiFe, NiFe/CoNiFe, CoNiFe/NiFe, Co/CoNiFe, CoNiFe/Co, CoFe/Co, およびCo/CoFeからなる材料層の群から選ばれた複合強磁性材料で構成する

ことを特徴とする請求項15記載の磁気抵抗効果型ヘッドの製造方法。

【請求項20】 20

前記磁化方向固定層を、NiFe, Co, CoFe, およびCoNiFeからなる群から選ばれた单一の軟磁性材料で構成し、

前記第1および第2の反強磁性層を、MnPt, NiMn, MnPdPtからなる群から選ばれた同一の材料で構成する

ことを特徴とする請求項15記載の磁気抵抗効果型ヘッドの製造方法。

【請求項21】

前記磁化方向固定層を、NiFe/CoFe, NiFe/Co, CoFe/NiFe, Co/NiFe, NiFe/CoNiFe, CoNiFe/NiFe, Co/CoNiFe, CoNiFe/Co, CoFe/Co, およびCo/CoFeからなる群から選ばれた複合強磁性材料で構成し、 30

前記第1および第2の反強磁性層を、MnPt, NiMn, MnPdPtからなる群から選ばれた同一の材料で構成する

ことを特徴とする請求項15記載の磁気抵抗効果型ヘッドの製造方法。

【請求項22】

前記磁化方向固定層を、NiFe, Co, CoFe, およびCoNiFeからなる群から選ばれた单一の軟磁性材料で構成し、

前記第1の反強磁性層を、前記第2の反強磁性層よりもブロッキング温度の高い材料で構成し、

前記第1および第2の反強磁性層を、(MnPt, FeMn), (MnPdPt, FeMn), (NiMn, FeMn), (MnPt, IrMn), (MnPdPt, IrMn), (NiMn, IrMn), (MnPt, NiO), (MnPt, FeMn), (MnPdPt, FeMn), 40 および(NiMn, FeMn)からなる(規則系, 不規則系)という反強磁性材料層の組み合わせの群から選ばれた、互いに異なる材料で構成する

ことを特徴とする請求項15記載の磁気抵抗効果型ヘッドの製造方法。

【請求項23】

前記磁化方向固定層を、NiFe/CoFe, NiFe/Co, CoFe/NiFe, Co/NiFe, CoNiFe/NiFe, NiFe/CoNiFe, Co/CoNiFe, CoNiFe/Co, CoFe/Co, およびCo/CoFeからなる群から選ばれた複合強磁性材料で構成し、

前記第1の反強磁性層を、前記第2の反強磁性層よりもブロッキング温度の高い材料で 50

構成し、

前記第1および第2の反強磁性層を、(MnPt, FeMn), (MnPdPt, FeMn), (NiMn, FeMn), (MnPt, IrMn), (MnPdPt, IrMn), (NiMn, IrMn), (MnPt, NiO), (MnPt, FeMn), (MnPdPt, FeMn)、および(NiMn, FeMn)からなる(規則系、不規則系)という反強磁性材料層の組み合わせの群から選ばれた、互いに異なる材料で構成することを特徴とする請求項15記載の磁気抵抗効果型ヘッドの製造方法。

【請求項24】

第1の両端部を有する第1の磁気抵抗ストライプと前記第1の両端部に形成された第1の反強磁性層とを含むこととなるように、磁気抵抗効果構造の一部を形成する工程と、

10

前記第1の反強磁性層を含む磁気抵抗効果構造に対して、第1の磁界下において第1の温度のアニール処理を第1の時間にわたって行うことにより、前記第1の反強磁性層に第1の交換結合磁界を生じさせる第1のアニール工程と、

前記第1の反強磁性層および前記第1の磁気抵抗ストライプを覆う絶縁層を形成する工程と、

第2の両端部を有する第2の磁気抵抗ストライプと前記第2の両端部に形成された第2の反強磁性層とを含むこととなるように、前記磁気抵抗効果構造の残りの部分の形成を完了する工程と、

前記第2の反強磁性層の形成が完了した前記磁気抵抗効果構造に対して、前記第1の磁界よりも弱い強度の第2の磁界下で前記第1の温度よりも低い第2の温度のアニール処理を第2の時間にわたって行うことにより、前記第2の反強磁性層に第2の交換結合磁界を生じさせる第2のアニール工程と、

20

外部磁界を印加しない状態で、前記第2の温度よりも高い第3の温度のアニール処理を第3の時間にわたって行い、前記第2の交換結合磁界を増加させる第3のアニール工程とを含み、

これにより、前記第1の交換結合磁界が前記第2のアニール工程の期間中に低下した場合に、その第1の交換結合磁界を増加させて修復し前記第1の反強磁性層の安定性を向上させるようにした

ことを特徴とする磁気抵抗効果型ヘッドの製造方法。

【請求項25】

30

前記第1の反強磁性層を、前記第2の反強磁性層よりもブロッキング温度の高い材料で構成する

ことを特徴とする請求項24記載の磁気抵抗効果型ヘッドの製造方法。

【請求項26】

前記第1および第2の反強磁性層を、MnPt, NiMn, MnPdPtからなる規則系反強磁性材料の群から選ばれた同一の材料で構成する

ことを特徴とする請求項24記載の磁気抵抗効果型ヘッドの製造方法。

【請求項27】

前記第1および第2の反強磁性層を、(規則系, 規則系)という反強磁性材料層の組み合わせの群、または、(MnPt, FeMn), (MnPdPt, FeMn), (NiMn, FeMn), (MnPt, IrMn), (MnPdPt, IrMn), (NiMn, IrMn), (MnPt, NiO), (MnPt, FeMn), (MnPdPt, FeMn)、および(NiMn, FeMn)からなる(規則系、不規則系)という反強磁性材料層の組み合わせの群から選ばれた、互いに異なる材料で構成する

40

ことを特徴とする請求項24記載の磁気抵抗効果型ヘッドの製造方法。

【請求項28】

前記第1の反強磁性層を、前記第2の反強磁性層よりもブロッキング温度の高い材料で構成し、

前記第1および第2の反強磁性層を、(MnPt, FeMn), (MnPdPt, FeMn), (NiMn, FeMn), (MnPt, IrMn), (MnPdPt, IrMn)

50

) , (NiMn , IrMn) , (MnPt , NiO) , (MnPt , FeMn) , (MnPdPt , FeMn) , および (NiMn , FeMn) からなる (規則系 , 不規則系) という反強磁性材料層の組み合わせの群から選ばれた、互いに異なる材料で構成することを特徴とする請求項 2 4 記載の磁気抵抗効果型ヘッドの製造方法。

【請求項 2 9】

第 1 の反強磁性層を有する磁気抵抗効果素子を含むこととなるように、磁気抵抗効果構造の一部を形成する工程と、

前記第 1 の強磁性層および第 1 の反強磁性層を含む前記磁気抵抗効果構造の一部に対して、第 1 の磁界下において第 1 の温度のアニール処理を第 1 の時間にわたって行うことにより、前記第 1 の反強磁性層に第 1 の交換結合磁界を生じさせる第 1 のアニール工程と、

第 2 の反強磁性層を含むこととなるように、前記磁気抵抗効果構造の残りの部分の形成を完了する工程と、

前記第 2 の反強磁性層の形成が完了した前記磁気抵抗効果構造に対して、前記第 1 の磁界よりも弱い強度の第 2 の磁界下で前記第 1 の温度よりも低い第 2 の温度のアニール処理を第 2 の時間にわたって行うことにより、前記第 2 の反強磁性層に第 2 の交換結合磁界を生じさせる第 2 のアニール工程と、

外部磁界を印加しない状態で、前記第 2 の温度よりも高い第 3 の温度のアニール処理を第 3 の時間にわたって行い、前記第 2 の交換結合磁界を増加させる第 3 のアニール工程とを含み、

これにより、前記第 1 の交換結合磁界が前記第 2 のアニール工程の期間中に低下した場合に、その第 1 の交換結合磁界を増加させて修復し前記第 1 の反強磁性層の安定性を向上させるようにした

ことを特徴とする磁気抵抗効果構造の製造方法。

【請求項 3 0】

前記磁気抵抗効果構造が、前記第 1 の反強磁性層と交換結合された磁化方向固定層を有するようにした

ことを特徴とする請求項 2 9 記載の磁気抵抗効果構造の製造方法。

【請求項 3 1】

フリー層、導電体層および磁化方向固定層をこの順序で形成すると共に前記磁化方向固定層の上に第 1 の反強磁性層を形成することにより、これらの 4 層を含む磁気抵抗効果構造を形成する工程と、

前記磁気抵抗効果構造に第 1 の磁界を印加して第 1 の温度でアニール処理を第 1 の時間にわたって行うことにより、前記磁化方向固定層と前記第 1 の反強磁性層との間に第 1 の交換結合磁界を生じさせる第 1 のアニール工程と、

第 2 の反強磁性層を含むこととなるように、磁気抵抗効果型ヘッドの形成を完了する工程と、

前記第 2 の反強磁性層の形成に続いて、前記第 1 の磁界よりも弱い強度の第 2 の磁界下で前記第 1 の温度よりも低い第 2 の温度のアニール処理を第 2 の時間にわたって行うことにより、前記第 2 の反強磁性層に第 2 の交換結合磁界を生じさせる第 2 のアニール工程と、

外部磁界を印加しない状態で、前記第 2 の温度よりも高い第 3 の温度のアニール処理を第 3 の時間にわたって行うことにより、前記第 2 の交換結合磁界を増加させる第 3 のアニール工程と

を含み、

これにより、前記第 1 の交換結合磁界が前記第 2 のアニール工程の期間中に低下した場合に、その第 1 の交換結合磁界を増加させて修復し前記第 1 の反強磁性層の安定性を向上させるようにした

ことを特徴とする磁気抵抗効果構造の製造方法。

【請求項 3 2】

第 1 の両端部を有する前記第 1 の磁気抵抗ストライプと前記第 1 の両端部に形成された

10

20

30

40

50

第1の反強磁性層とを含むこととなるように、磁気抵抗効果構造の一部を形成する工程と、

第1の磁界下において第1の温度のアニール処理を第1の時間にわたって行うことにより、前記第1の反強磁性層に第1の交換結合磁界を生じさせる第1のアニール工程と、

前記第1の反強磁性層および前記第1の磁気抵抗ストライプを覆う絶縁層を形成する工程と、

第2の両端部を有する第2の磁気抵抗ストライプと前記第2の両端部に形成された第2の反強磁性層とを含むこととなるように、前記磁気抵抗効果構造の残りの部分の形成を完了する工程と、

前記第2の反強磁性層の形成が完了した前記磁気抵抗効果構造に対して、前記第1の磁界よりも弱い強度の第2の磁界下で前記第1の温度よりも低い第2の温度のアニール処理を第2の時間にわたって行うことにより、前記第2の反強磁性層に第2の交換結合磁界を生じさせる第2のアニール工程と、

外部磁界を印加しない状態で、前記第2の温度よりも高い第3の温度のアニール処理を第3の時間にわたって行い、前記第2の交換結合磁界を増加させる第3のアニール工程とを含み、

これにより、前記第1の交換結合磁界が前記第2のアニール工程の期間中に低下した場合に、その第1の交換結合磁界を増加させて修復し前記第1の反強磁性層の安定性を向上させるようにした

ことを特徴とする磁気抵抗効果構造の製造方法。

【請求項33】

前記第1の磁界の強度は1000[Oe]～2000[Oe]の範囲であり、前記第1の温度は250[°C]～300[°C]の範囲であり、前記第1の時間は5時間である

ことを特徴とする請求項1、請求項15または請求項24に記載の磁気抵抗効果型ヘッドの製造方法。

【請求項34】

前記第2の磁界の強度は100[Oe]～300[Oe]の範囲であり、前記第2の温度は200[°C]～260[°C]の範囲であり、前記第2の時間は2～5時間の範囲である

ことを特徴とする請求項1、請求項15または請求項24に記載の磁気抵抗効果型ヘッドの製造方法。

【請求項35】

前記第3の温度は250[°C]～300[°C]の範囲であり、前記第3の時間は5～10時間の範囲である

ことを特徴とする請求項1、請求項15または請求項24に記載の磁気抵抗効果型ヘッドの製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、磁気抵抗効果素子（または磁気抵抗効果センサ）を有する磁気抵抗効果構造の製造方法、およびこの磁気抵抗効果素子を用いて構成した磁気抵抗効果型ヘッドの製造方法に関する。以下において「磁気抵抗効果」を「磁気抵抗」と略記する。

【0002】

【従来の技術】

Voegeli 他の米国特許第5,561,896号「磁気抵抗トランステューサの製造方法」には、S P I (Selective Pulse Interdiffusion; 選択パルス相互拡散) 法と呼ばれる方法が開示されている。このS P I法は、短いパルス幅の1または複数の電流パルス（以下、短電流パルスという。）を用いて、磁気抵抗形（MagnetoResistive; M R）ヘッドのバイアス部形成予定領域を選択的に加熱する方法である。この磁気抵抗形ヘッドは、磁気信号を電気信号に変換するトランステューサを用いて構成される。このトランステューサと

10

20

30

40

50

しては、H字形の構造を有するMR素子が用いられる。このMR素子における「H」の横線(cross bar)に対応する部分は、軟磁性層(a soft ferromagnetic layer)からなる中央活性領域(active central region)となっている。上記した短電流パルスは、MR素子における「H」の両脚(side legs)部分を通過し、軟磁性層をアニール／リセットすることによって「H」の字の両脚部分を硬磁性材料に変化させる。これにより、軟磁性層(例えばパーマロイ(商標名))と、チタン(Ti)、タンタル(Ta)、クロム(Cr)または他の遷移金属(transition metal)もしくは高融点金属(refractory metal)からなる相互拡散層との間に相互拡散を生じさせる。

【0003】

GILLの米国特許第5,748,399号「リセット可能な対称スピンドル」には、導電体を通過する短電流パルスを用いて反強磁性(AntiFerroMagnetic; AFM)層をそのブロッキング温度よりも高い温度に加熱するアニール方法が記載されている。 10

【0004】

Unoの米国特許第5,772,794号「スピンドル効果磁気抵抗型ヘッドを有する磁気ヘッド／装置の製造方法」には、軟磁性材料(soft ferromagnetic material)からなる2層の薄膜層を、非磁性材料からなる薄膜層によって分離して積層した積層体が記載されている。この2層の薄膜層(第1および第2の薄膜層)のうちの1層は、薄膜反強磁性層によって磁化方向が固定(pinned)されている。2層の薄膜層を形成した後、この積層体をアニールすることにより、磁化方向が固定されている方の軟磁性層に一軸異方性(uniaxial anisotropy)を生じさせるようになっている。 20

【0005】

Ohtsuka他の米国特許第5,859,753号「直列接続されたスピンドルを有するスピンドル磁気抵抗型ヘッド」には、ブロッキング温度の異なる複数の反強磁性層を2回のアニール工程のみを用いて形成したスピンドル磁気抵抗型ヘッドが開示されている。このヘッドは、反強磁性層で構成された、磁化方向が互いに逆平行であるような2層の磁化方向固定層(magnetization pinning layer)を有している。そのうちの1層はブロッキング温度の高いNiMnであり、もう1層はブロッキング温度の低いFeMnである。第10コラム第10行から第19行にかけて、「……第1の磁化方向固定層の上には……200°Cから300°Cの温度で……ブロッキング温度の高いNiMnが第1の反強磁性層として形成される。このNiMnは第1の方向に印加された磁界H₀₁の下で形成される。その後、……第2の磁化方向固定層の上に……160°C前後の温度で……FeMnが第2の反強磁性層として形成される。FeMnの形成は、第1の方向と反対の方向の磁界H₀₂を印加しながら行われる。」とある。また、第10コラム第37行から第60行にかけて、別の方針を用いることができる旨の指摘がなされている。具体的には、高いブロッキング温度に加熱し磁界H₀₁を印加する工程およびそれに引き続いで低いブロッキング温度に加熱し磁界H₀₂を印加する工程は、これらの反強磁性層を形成した後まで遅らせることが可能であることが記載されている。 30

【0006】

Mauriの米国特許第5,856,897号「自己バイアス・デュアル・スピンドル」には、磁化方向が固定された2層の磁性層(ピンド層)の間に磁化方向が固定されていない磁性層(フリー層:free magnetic layer)を配置してなるデュアル・スピンドル(Dual Spin Valve; DSV)磁気抵抗センサが開示されている。 40

【0007】

【発明が解決しようとする課題】

デュアル・ストライプ磁気抵抗(Dual Stripe MagnetoResistive; 以下、DSMRという。)ヘッドや、スピンドル磁気抵抗(Spin Valve MagnetoResistive; 以下、SVMRという。)ヘッドの用途において、交換結合方式を採用する場合には、第2の磁気抵抗層を好ましい方向に固定するために(DSMRの場合)、またはフリー層(センス層)を縦方向(センス電流の流れる方向)に固定するために(SVMRの場合)、第2の反強磁性層が必要となる。しかしながら、従来は、このような第2の反強磁性層を、必要な磁気特 50

性を損なうことなく適切に形成することは、必ずしも容易ではなかった。

【0008】

本発明はかかる問題点に鑑みてなされたもので、その目的は、例えば、D S M R ヘッドやS V M R ヘッドにおいて、あとから形成する第2の反強磁性層を、(既に形成されている)第1の反強磁性層に影響を及ぼすことなく、同一または異なる材料により形成することを可能とする新たな熱アニール方法を含む磁気抵抗構造の製造方法および磁気抵抗型ヘッドの製造方法を提供することにある。

【0009】

【課題を解決するための手段】

本発明は、D S M R ヘッドやS V M R ヘッドにおいて、第1の反強磁性層(a first AFM layer)を形成(set)するための第1のアニール工程と、第1の反強磁性層に影響を及ぼすことなく第2の反強磁性層(a second AFM layer)をリセットするための第2のアニール工程と、外部から磁界を印加せずに($H_{ann} = 0$)、かつ(第2のアニール工程でのアニール温度よりも)高温でアニールを行うことにより、低下した第1の反強磁性層の交換磁界を修復すると共に、第2の反強磁性層の交換磁界を向上させる第3のアニール工程とを教示する。なお、本明細書では、反強磁性材料からなる2つの要素を第1および第2の反強磁性層と表現するが、より一般的に、第1および第2の反強磁性素子と表現してもよいことはもちろんである。

【0010】

上記したように、交換結合方式を採用するD S M R ヘッドにおいて第2の磁気抵抗層を好みの方向に固定する場合や、S V M R ヘッドにおいてフリー層(センス層)を縦方向(センス電流の流れる方向)にバイアス固定する場合には、第1の反強磁性層とは別に第2の反強磁性層が必要となる。本発明は、これらの第1および第2の反強磁性層を、第1の(既存の)反強磁性層に影響を及ぼすことなく、同一または異なる材料(例えば、MnPt/MnPt, MnPdPt/MnPdPt, NiMn/NiMn, またはMnPt/IrMn, MnPdPt/IrMn, NiMn/IrMn, ...)により形成(またはリセット)することを可能とする。

【0011】

本発明によれば、以下のようにして、磁気抵抗効果型ヘッドを製造するための方法が提供される。第1に、第1の反強磁性層を有する磁気抵抗効果素子を含む磁気抵抗効果構造を形成する。続いて、第1の磁界下で第1の温度の第1のアニール工程を第1の時間にわたって行う。次に、第2の反強磁性層を含む残りの磁気抵抗効果構造を形成する。そして、第2の反強磁性層の形成に続いて、第1の磁界よりも弱い強度の第2の磁界(H_{ann})の下で第1の温度よりも低い第2の温度のアニール工程を第2の時間にわたって行う。その後、外部から磁界を印加しない状態で($H_{ann} = 0$)、第2の温度よりも高い第3の温度のアニール工程を第3の時間にわたって行い、第2の交換結合磁界(H_{ex})を増加させる。これにより、第1の反強磁性層の安定性もまた向上する。すなわち、(第1のアニール工程において生成された)第1の反強磁性層における第1の交換結合磁界(H_{ex})は、たとえそれが弱い磁界下での第2のアニール工程中に低下したとしても、増加して、修復される。

【0012】

本発明の他の局面によれば、磁気抵抗素子を有する磁気抵抗構造は、磁化方向固定層(a pinned layer)および第1の反強磁性層を含むように形成される。

【0013】

磁化方向固定層は以下のようない層であることが好み。

(1) NiFe, Co, CoFe, およびCoNiFeからなる群から選ばれた单一の軟磁性材料、または

(2) NiFe/CoFe, NiFe/Co, CoFe/NiFe, Co/NiFe, CoNiFe/NiFe, NiFe/CoNiFe, Co/CoNiFe, CoNiFe/Co, CoFe/Co, およびCo/CoFeからなる群から選ばれた軟磁性材料の複合

10

20

30

40

50

体。

【0014】

第1の反強磁性層は、ブロッキング温度の高い材料で構成するのが好ましく、より好ましくは、少なくとも第2の反強磁性層よりもブロッキング温度の高い材料で構成する。

【0015】

第1および第2の反強磁性層は、次の(1)または(2)に示したような材料層で構成するのが好ましい。

(1) MnPt / MnPt, NiMn / NiMn, MnPdPt / MnPdPt からなる規則系 / 規則系という反強磁性材料層の組み合わせの群から選ばれた反強磁性材料層。

(2) MnPt / FeMn, MnPdPt / FeMn, NiMn / FeMn, MnPt / IrMn, MnPdPt / IrMn, NiMn / IrMn, MnPt / NiO, MnPt / FeMn, MnPdPt / FeMn, およびNiMn / FeMn からなる規則系 / 不規則系という反強磁性材料層の組み合わせの群から選ばれた反強磁性材料層。 10

【0016】

【発明の実施の形態】

以下、本発明の実施の形態について、図面を参照して詳細に説明する。

【0017】

DSMRおよびSVMR記録ヘッドの用途において、交換結合方式を採用する場合には、(後に製造工程中において成膜される)第2の磁気抵抗層の磁化方向を好ましい方向に固定するため(DSMRの場合)、またはフリー層(センス層)の磁化方向を縦方向に沿ってバイアス固定するために(SVMRの場合)、第2の反強磁性層が必要となる。 20

【0018】

第1の反強磁性層の上に第2の反強磁性層を形成するための条件は、先に形成された第1の反強磁性層に劣化、例えば、交換磁界 H_{ex} の減少や不安定軸(回転容易軸;easy axis)の回転が生じないように選ばれるべきである。

【0019】

本実施の形態は、第1および第2の反強磁性層が同一の材料からなるか、あるいは異なる材料からなるかを問わず、第1の反強磁性層に影響を及ぼすことなく第2の反強磁性層を形成することができる新たな熱アニール方法を提供するものである。

【0020】

図1(A)は、第1の磁気抵抗ストライプ(first MR stripe)MR1から始まるDSMR素子10の製造の第1の段階を表すものである。通常のように、DSMR素子10は平坦な基板SUB上に形成する。まず、基板SUB上に、順に、平坦な下地層UL、下地層ULを覆う平坦な磁気シールド層SH、およびその上の平坦な絶縁層(誘電体層;dielectric layer)D1を形成する。次に、第1の磁気抵抗ストライプMR1を絶縁層D1の表面上に従来の方法で形成する。第1の磁気抵抗ストライプMR1は、好ましくは、パーマロイ(NiFe:ニッケル-鉄)またはCoFeまたはCoNiFeを用いて形成し、その横方向の端部が外向きのテーパ形状をなすようにする。具体的には、上端に向かって狭まり下端に向かって広がる台形状の断面パターンを有する。ここで、絶縁層D1の側が最も広くなっている。 40

【0021】

次に、第1の磁気抵抗ストライプMR1の外向きのテーパ形状をなす横方向の両端部に、1対の第1の反強磁性構造AFM1を形成する。好ましくは、第1の反強磁性構造AFM1は、MnPt(白金-マンガン)、NiMn(ニッケル-マンガン)、またはMnPdPt(白金-パラジウム-マンガン)のようなブロッキング温度の高い材料で構成されている。1対の第1の反強磁性構造AFM1の相互の間隔がトラック幅TWとなる。

【0022】

次に、DSMR素子10に対して、約250°Cから約300°Cという範囲の高い温度(好ましくは約280°C)の下で、かつ、約1000 $\times 10^3 / 4$ [A/m](から約2000 $\times 10^3 / 4$ [A/m])という範囲の強い外部磁界下において、約5時間、第 50

1の(最初の)磁気アニール工程を行う。

【0023】

図1(B)は、図1(A)に示したDSMR素子10の製造工程における第2の段階が終了した後の状態を表すものである。まず、第1の段階として、図1(A)のDSMR素子10の表面上に、平坦かつ電気的絶縁性を有する平坦絶縁層ILAを成膜する。平坦絶縁層ILAは、非磁性かつ絶縁性の、例えばアルミナ(酸化アルミニウム Al_2O_3)、窒化アルミニウム(AlN)、および酸化ケイ素(SiO₂)の少なくとも1つを用いて形成する。このとき、平坦絶縁層ILAは、第1の磁気抵抗ストライプMR1の上面と、第1の磁気抵抗ストライプMR1の上端と同一平面上にあるように図示されている1組の第1の反強磁性構造AFM1の上面とを覆うようにする。

10

【0024】

次に、平坦絶縁層ILAの平坦な上面に、第2の磁気抵抗ストライプMR2を成膜する。さらに、第2の磁気抵抗ストライプMR2の端部に、1組の第2の反強磁性構造AFM2を形成する。このとき、第2の磁気抵抗ストライプMR2もまた、その横方向の端部が外向きのテーパ形状をなすようとする。つまり、上端に向かって狭まり絶縁性の層ILA側の下端に向かって広がるようにする。第2の反強磁性構造AFM2は、MnPt, NiMn, MnPdPtのような第1の反強磁性構造AFM2の場合と同じ材料、またはIrMn(イリジウム-マンガン), FeMn(鉄-マンガン)、もしくはNiO(酸化ニッケル)のような不規則系材料で構成することが好ましい。

20

【0025】

次に、第1の反強磁性層AFM1の存在下で第2の反強磁性層AFM2を安全に形成(すなわち、リセット)するために、第2の(中間の)アニール工程を行う。ここで、重要なことは、第1の反強磁性層AFM1が依然安定であるような(すなわち、磁化方向が変化しないような)弱いアニール磁界(H_{ann})および適切な温度を選ぶことである。ここで、弱いアニール磁界(H_{ann})とは、アニール時において印加される外部磁界であって、第1の反強磁性層AFM1の交換磁界 H_{ex} (T)よりも小さい磁界を意味する。

20

【0026】

第2のアニール工程では、DSMR素子10に対して、例えば、約200°Cから約260°Cという範囲の温度(好ましくは約250°C)の下で、約 $100 \times 10^3 / 4$ [A/m]から約 $300 \times 10^3 / 4$ [A/m]という範囲の弱い外部磁界(H_{ann})(好ましくは約 $250 \times 10^3 / 4$ [A/m])を印加して、約2時間から約5時間の範囲の継続時間をもって、第2の磁気アニール処理を行う。

30

【0027】

第3の(そして最後の)アニール工程では、まず第2の反強磁性層AFM2の交換磁界(H_{ex})(これは、第1の反強磁性層AFM1の交換磁界(H_{ex})ほど強くはないが)を生じさせた後、外部から磁界を印加しない状態で($H_{ann} = 0$)、高温のアニール工程を行い、第2の反強磁性層の交換磁界(H_{ex})を、その全強度まで増加させる。このアニール工程はまた、第1の反強磁性層の安定性をもさらに向上させる。すなわち、第1の反強磁性層の交換磁界(H_{ex})は、たとえそれが(第2のアニール工程における)弱い磁界下でのアニール処理によって低下していたとしても、第3のアニール工程によって再び増加するのである。

40

【0028】

第3のアニール工程では、例えば、約250°Cから約300°Cという範囲の高い温度(好ましくは約260°C)の下で、約5時間から約10時間という継続時間をもって、DSMR素子10に対して、外部磁界を印加しない($H_{ann} = 0$)アニール(第3のアニール処理)を行う。

【0029】

図2(A)は、SVMR形素子30の上部SVMR構造Tを製造する工程における第1の段階を表すものである。通常のように、SVMR形素子30は平坦なシールド層SH上に形成する。具体的には、まず、シールド層SHの上に、順に、絶縁層D1, 金属の基層B

50

L、基層BLを覆う軟磁性(soft FerroMagnetic)のフリー層FL、および平坦な導電体層C1を形成する。基層BLは、例えば、タンタル(Ta)、ジルコニウム(Zr)、コバルト-ジルコニウム-ニオブ(CoZrNb)、パーマロイ((Ni₈₀Fe₂₀)₆₀C₄₀、等)で構成するのが好ましい。軟磁性のフリー層FLは、例えば、パーマロイ(Ni₈₀Fe₂₀、すなわち、ニッケル:鉄=80:20)、NiFe/CoFe、またはNiFe/Coのような、合金の複合層で構成するのが好ましい。平坦な導電体層C1の形成には、例えば、銅(Cu)または金(Au)のような金属を用い、その上面が平坦になるようする。

【0030】

次に、銅(Cu)または金(Au)の導電体層C1の平坦な上面の上に、強磁性を有する複合体である平坦な磁化方向固定層(a pinned layer)PILを形成する。磁化方向固定層PILは、コバルト(Co)、コバルトと鉄との合金(CoFe)、またはNiFe/CoFeもしくはNiFe/Coのような合金で構成するのが好ましい。但し、ニッケル鉄(NiFe)合金(例えばパーマロイ)は、相互拡散という製錬上の問題を有しているので、銅と直接接触する場合には適当ではない。したがって、銅を用いる場合には、上記のような製錬上の問題に対処するために、Cu/CoFe/AFM、Cu/Co/AFM、Cu/CoFe/NiFe/AFM、またはCu/Co/NiFe/AFM等のような多層構造にすることが好ましい。

【0031】

次に、強磁性を有する磁化方向固定層PILの平坦な上面の上に、平坦な第1の反強磁性層AFMAを形成する。第1の反強磁性層AFMAは、MnPt、MnPdPt、またはNiMnのようなブロッキング温度の高い材料で構成するのが好ましい。

【0032】

次に、第1の反強磁性層AFMAの平坦な上面の上に、タンタルなどの金属からなるキャップ層CLを形成する。

【0033】

次に、SVMR形素子30に対して、第1の(最初の)磁気アニール工程を行う。この工程は、約250°Cから約300°Cという範囲の高い温度(好ましくは約280°C)の下で、図2(A)の矢印で示した方向に約 $1000 \times 10^3 / 4$ [A/m]から約 $2000 \times 10^3 / 4$ [A/m]という範囲の強い外部磁界(H_{ann1})(好ましくは、約 $2000 \times 10^3 / 4$ [A/m])を印加した状態で行う。

【0034】

第2の製造段階においては、図2(B)に示したように、通常のエッチング処理により、図2(A)のSVMR形素子30の上部SVMR構造Tを、その側壁がテーパ形状をなすようにパターニングする。具体的には、上部SVMR構造Tの断面形状が、フリー層FLが最も広くキャップ層CLが最も狭い台形状になるようにする。

【0035】

次に、これらの側壁に、強磁性層(縦方向における磁化方向固定層; longitudinal pinned layer)LPを形成する。これにより、強磁性層LPは、縦方向(図2(B)における左右方向)において、SVMR形素子30の左右のテーパ付けされた側壁を覆う。すなわち、強磁性層LPによって、金属からなる基層BL、フリー層FL、導電体層C1、磁化方向固定層PIL、第1の反強磁性層AFMAおよびキャップ層CLの両端面が覆われる。強磁性層LPは、Co、CoFe、またはNiFe等の材料で構成するのが好ましい。

【0036】

次に、強磁性層(縦方向における磁化方向固定層)LPの上に、テーパ形状をなす両側壁(すなわち、SVMR形素子30の左右のテーパ側壁)を覆うように、第2の反強磁性層AFMBを積層する。これにより、第2の反強磁性層AFMBがSVMR形素子30の左右に形成される。

【0037】

第2の反強磁性構造AFMBは、MnPt、NiMn、MnPdPtのような規則系の反

10

20

30

40

50

強磁性材料、または、IrMn, FeMnもしくはNiOのような不規則系の材料で構成することが好ましい。

【0038】

図2(C)は、SVMR形素子30の下部SVMR構造Bを製造する工程における第1の段階が完了した状態を表すものである。下部SVMR構造Bは、上記の図2(A)に示した上部SVMR素子Tと同様の方法で形成される。

【0039】

図2(D)は、SVMR形素子30の下部SVMR構造Bの製造工程における第2の段階が完了した状態を表すものである。下部SVMR構造Bは、図2(B)に示した上部SVMR素子Tと同様の方法で形成される。

10

【0040】

第2のアニール工程では、上部SVMR構造Tと下部SVMR構造Bとを含むSVMR形素子30に対して、弱い第2のアニール磁界(H_{ann2})の下で、第2の磁気アニール処理を行う。具体的には、例えば、約200°Cから約260°Cの範囲の温度(好ましくは、約250°C)の下で、約 $100 \times 10^3 / 4$ [A/m]から約 $300 \times 10^3 / 4$ [A/m]の範囲の弱い外部アニール磁界(H_{ann2})(好ましくは約 $250 \times 10^3 / 4$ [A/m])を印加して、SVMR形素子30のアニール処理を行う。

【0041】

第3の(そして最後の)アニール工程では、まず第2の反強磁性層AFMBの交換磁界(H_{ex})(これは、第1の反強磁性層AFMAの交換磁界(H_{ex})ほど強くはないが)を生じさせた後、外部から磁界を印加しない状態で($H_{ann} = 0$)、高温のアニール工程を行い、第2の反強磁性層の交換磁界(H_{ex})を、その全強度まで増加させる。このアニール工程はまた、第1の反強磁性層の安定性をもさらに向上させる。すなわち、第1の反強磁性層の交換磁界(H_{ex})は、たとえそれが(第2のアニール工程における)弱い磁界アニール処理によって低下していたとしても、第3のアニール工程によって再び増加するのである。

20

【0042】

第3のアニール工程では、例えば約250°Cから約300°Cという範囲の高い温度(好ましくは約270°C)で、SVMR形素子30に対して、外部磁界を印加しない($H_{ann3} = 0$)アニール(第3のアニール処理)を行う。

30

【0043】

図3は、下部SVMR構造B(AFM/FM構造)に対する上部SVMR構造T(FM/AFM構造)の熱安定性が第2の垂直なアニール磁界(H_{ann2})およびアニール温度にどのように依存するかを示す磁化安定領域境界(the Boundary of the M-Stable Region)を表す図である。ここで、AFM/FMという表記は、反強磁性層(AFM)の上に強磁性層(FM)を積層した構造であることを意味し、FM/AFMという表記は、強磁性層(FM)の上に反強磁性層(AFM)を積層した構造であることを意味する。本明細書の他の箇所においても同様である。なお、この図3に示した例では、AFM/FM構造として、Ta/MnPt(20nm)/CoFe(3nm)/Taという積層構造を用い、FM/AFM構造として、Cu/CoFe(3nm)/MnPt(20nm)/Taという積層構造を用いた。括弧内の数字は膜厚を表す。これらの2つの試料は、最初に高温かつ強磁界(例えば280°C × 5時間 × $2000 \times 10^3 / 4$ [A/m])でアニールされた。ここで、磁化安定領域境界は、アニール磁界および温度の値の各組合せごとに、12時間アニールを行った後、試料の磁化固定方向を最初のアニール方向に対して5度回転させるようにして行った場合のものとして定義した。

40

【0044】

図4は、温度250°C, $2000 \times 10^3 / 4$ [A/m]の強磁界下で5時間アニールした後、交換結合(exchange coupling)が完全に成立したNiFe(3nm)/CoFe(5nm)/MnPt(25nm)/Taについて、測定温度に対する交換磁界 H_{ex} を表したものである。

50

【0045】

図5は、弱磁界($30 \times 10^3 / 4$ [A/m])の存在下で、第2の反強磁性層(SV MR形素子30における第2の反強磁性層AFMBに相当)を 250°C で5時間アニールした後のNiFe(3 nm) / CoFe(5 nm) / MnPt(25 nm) / Taについて、測定温度に対する交換磁界 H_{ex} を表したものである。この条件下では、隣接する第1の反強磁性層(既に形成されている第1の反強磁性層AFMAに相当)に対する影響はなかった。

【0046】

図6～図10は、NiFe / NiMnについての5通りの異なるM - H (Magnetization-Magnetic Field; 磁化 - 磁界)ループを表すものである。このうち、図6は、NiFe(11 nm) / NiMn(30 nm) / Taという積層構造のサンプルを、温度 300°C , $2000 \times 10^3 / 4$ [A/m]の磁界下で5時間アニールしたときのM - Hループを表す。

10

【0047】

図7は、NiFe(11 nm) / NiMn(30 nm) / Taという積層構造のサンプルを、温度 260°C , $260 \times 10^3 / 4$ [A/m]の弱い外部磁界下で1時間アニールした場合のM - Hループを表す。

【0048】

図8は、NiFe(11 nm) / NiMn(30 nm) / Taという積層構造のサンプルを、最初に図6に示した条件でアニールしたのち、アニール磁界方向を最初の逆にして、温度 260°C , $260 \times 10^3 / 4$ [A/m]の弱い外部磁界下で1時間再アニールした場合のM - Hループを表す。

20

【0049】

図9は、NiFe(11 nm) / NiMn(30 nm) / Taという積層構造のサンプルを、図6および図8に示した条件でアニールしたのち、外部磁界を印加せずに温度 280°C で3時間再アニールした場合のM - Hループを表す。この図9から、低下した交換磁界 H_{ex} (図8参照)が回復していることが分かる。

【0050】

図10は、NiFe(11 nm) / NiMn(30 nm) / Taという積層構造のサンプルを、図7に示したようにアニールしたのち、外部磁界を印加せずに温度 280°C で3時間再アニールした場合のM - Hループを表す。この図10から分かるように、交換磁界 H_{ex} (図8参照)の強度はさらに向上している。

30

【0051】

本実施の形態に係る磁気抵抗構造の製造方法および磁気抵抗型ヘッドの製造方法の要点は、以下の通りである。

(1) 本処理の結果、最初に形成された反強磁性層に対して、熱による外部からの影響はない。

(2) 第1の反強磁性層および第2の反強磁性層の磁化固定方向をリセットすることが簡単である。

(3) 本方法では、隣接する第1の反強磁性層(第1の磁化固定層)の磁化安定性を維持しつつ、第2の反強磁性層における反強磁性材料の相を形成することができるよう、弱いアニール磁界 H_{ann} 、適度の温度 T および適切なアニール時間 t_{ann} を選ぶこと、すなわち、 $(H, T, t_{\text{ann}}) < (H, T, t_{\text{ann}})_c$ とすることが重要である。

40

(4) 第1および第2の反強磁性層の安定性と交換磁界 H_{ex} とを向上させるために、最後に、外部磁界を印加しない($H_{\text{ann}} = 0$)第3のアニール工程を高温で行うようにしている。

(5) 第1の反強磁性層には、ブロッキング温度の高い反強磁性材料を用いるのが好ましい。

(6) D S M R および S V M R ヘッドの用途においては、第2の磁気抵抗層の磁化方向を好ましい方向に固定するために(D S M Rの場合)、またはフリー層(センス層)の磁化

50

方向を縦方向に沿って固定するために(S V M R の場合)、第 2 の反強磁性層が必要となる。第 2 の反強磁性層の形成条件は、既に形成された第 1 の反強磁性層に劣化(交換磁界の減少や回転容易軸の回転)が生じないように選ばれるべきである。第 1 および第 2 の反強磁性材料は同じであってもよいが、異なっていてもよい。第 1 および第 2 の反強磁性材料を同じくする場合には、例えば、M n P t / M n P t , M n P d P t / M n P d P t , もしくはN i M n / N i M n という組み合わせとするのが好ましい。一方、第 1 および第 2 の反強磁性材料を異ならせる場合には、例えば、M n P t / F e M n , M n P d P t / F e M n , N i M n / F e M n , M n P t / I r M n , M n P d P t / I r M n , N i M n / I r M n , M n P t / N i O , M n P t / F e M n , M n P d P t / F e M n , およびN i M n / F e M n 等の組み合わせとするのが好ましい。

10

【 0 0 5 2 】

以上、具体的な実施の形態を挙げて本発明を説明したが、本発明が冒頭に記載された請求項の精神および範囲内で変形して実施可能であること、すなわち、本発明の精神および範囲を逸脱することなく形式および詳細に関わる変更をなしうることは明らかである。したがって、そのような変更はすべて本発明の範囲内に含まれるものであり、本発明は冒頭に記載された請求項の主題を包含するものである。

【 0 0 5 3 】

【発明の効果】

以上説明したように、本発明によれば、既に形成されている第 1 の反強磁性層に影響(外部磁界や熱による外部からの影響)を及ぼすことなく、あとから形成する第 2 の反強磁性層を、第 1 の反強磁性層と同一または異なる材料により形成することが可能である。また、第 1 の反強磁性層および第 2 の反強磁性層の磁化固定方向をリセットすることが容易である。

20

【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明の一実施の形態に係る D S M R 素子の製造工程を表す断面図である。

【図 2】本発明の一実施の形態に係る S V M R 素子の製造工程を表す断面図である。

【図 3】図 2 に示した上部 S V M R 構造および下部 S V M R 構造の熱安定性と第 2 の垂直なアニール磁界およびアニール温度との依存関係を表す磁化安定領域境界を表す図である。

【図 4】強磁界下でアニールされ、その後交換結合が完全に成立したN i F e (3 n m) / C o F e (5 n m) / M n P t (2 5 n m) / T a について、測定温度に対する交換磁界H_{ex}を表す図である。

30

【図 5】隣接する第 1 の反強磁性層に影響を及ぼさない弱磁界の存在下で第 2 の反強磁性層をアニールした後のN i F e (3 n m) / C o F e (5 n m) / M n P t (2 5 n m) / T a について、測定温度に対する磁界H_{ex}を表す図である。

【図 6】2 0 0 0 0 O e で 5 時間、3 0 0 ° C でアニールされたN i F e (1 1 n m) / N i M n (3 0 n m) / T a について、M - H ループを表す図である。

【図 7】2 6 0 × 1 0 ³ / 4 [A / m] の弱い外部磁界下で 1 時間、2 6 0 ° C でアニールされたN i F e (1 1 n m) / N i M n (3 0 n m) / T a 試料について、M - H ループを表す図である。

40

【図 8】最初に図 6 に示した条件でアニールされ、次に反対のアニール方向で弱い外部磁界下で再アニールされたN i F e (1 1 n m) / N i M n (3 0 n m) / T a について、M - H ループを表す図である。

【図 9】図 6 および図 8 に示した条件でアニールし、次に外部磁界を印加せずに再アニールした後のN i F e (1 1 n m) / N i M n (3 0 n m) / T a 試料について、M - H ループを表す図である。

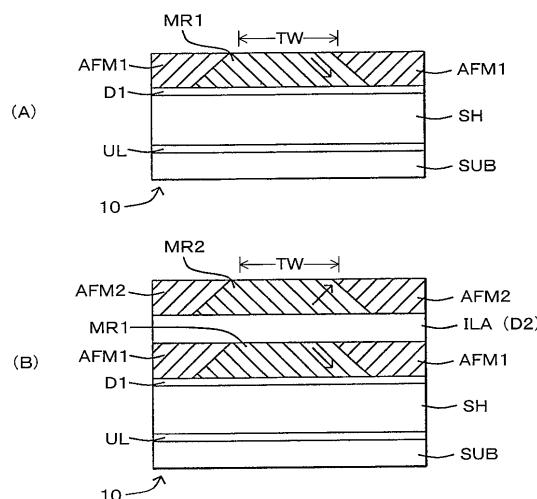
【図 10】図 7 に示したようにアニールし、次に外部磁界を印加せずに再アニールした後のN i F e (1 1 n m) / N i M n (3 0 n m) / T a について、M - H ループを表す図である。

【符号の説明】

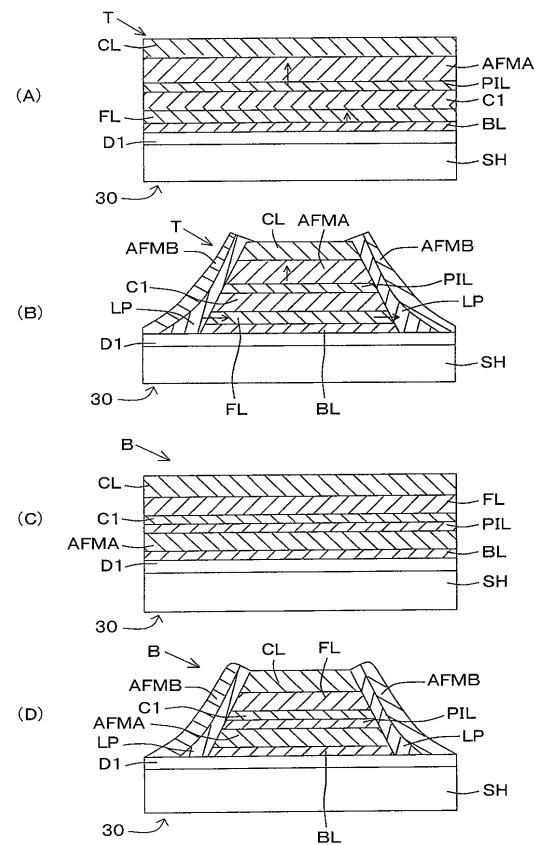
50

10...DSMR素子、SUB...基板、UL...下地層、SH...磁気シールド層、D1...絶縁層、MR1...第1の磁気抵抗ストライプ、MR2...第2の磁気抵抗ストライプ、AFM1...第1の反強磁性構造、AFM2...第2の反強磁性構造、TW...トラック幅、ILA...平坦絶縁層、30...SVMR形素子、T...上部SVMR構造、B...下部SVMR構造、BL...基層、FL...フリー層、C1...導電体層、PIL...磁化方向固定層、AFMA...第1の反強磁性層、AFMB...第2の反強磁性層、LP...（縦方向に磁化方向が固定された）磁化方向固定層、CL...キャップ層。

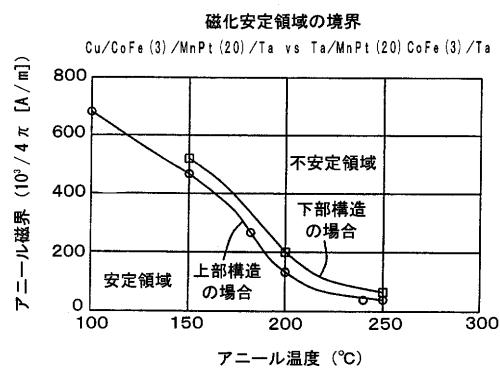
【図1】



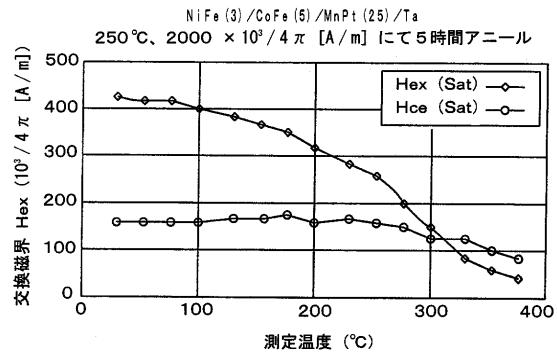
【図2】



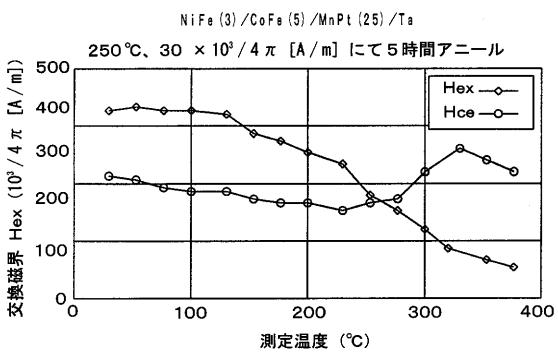
【図3】



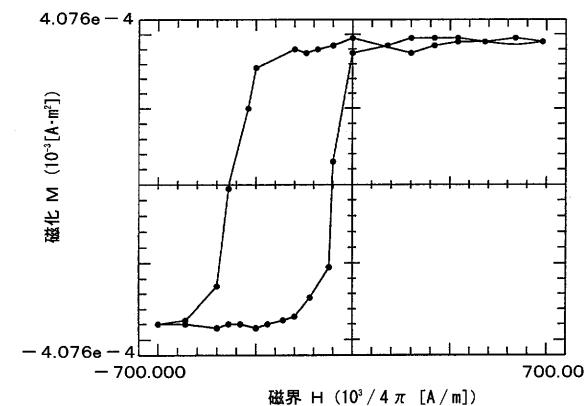
【図4】



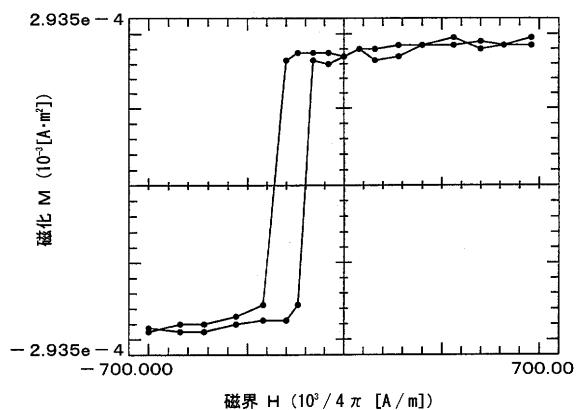
【図5】



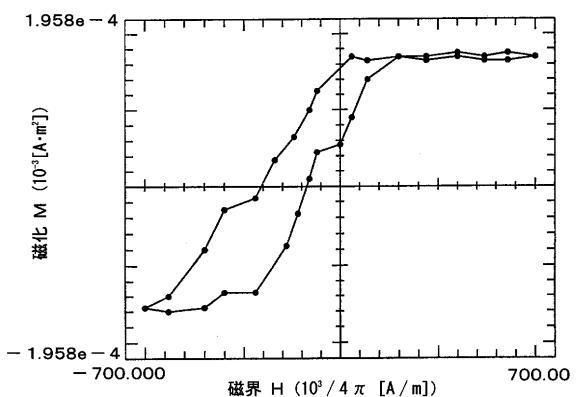
【図6】



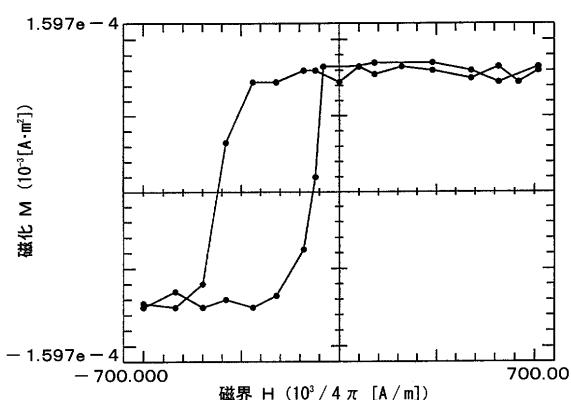
【図7】



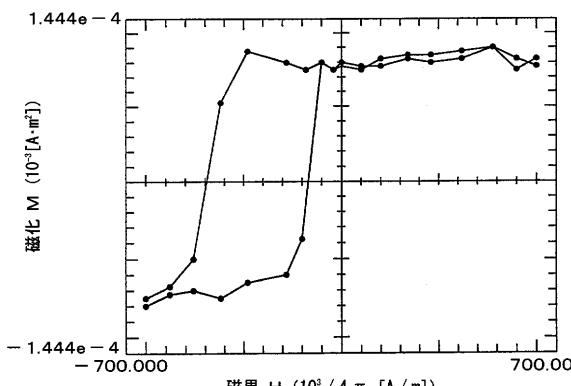
【図8】



【図9】



【図10】



フロントページの続き

(72)発明者 ツオ ジュ トン
アメリカ合衆国 カリフォルニア州 94566 プリーザントン カミノデルラゴ 6234

(72)発明者 タイ ミン
アメリカ合衆国 カリフォルニア州 95135 サンジョセ マエキン ウッズ レーン 42
79

(72)発明者 フイ ツワン ワン
アメリカ合衆国 カリフォルニア州 94588 プリーザントン コーデュシー ドライブ 5
027

(72)発明者 チン ツ ハン
アメリカ合衆国 カリフォルニア州 95132 サンジョセ バーナーコート 3485

(72)発明者 マオ ミン チン
アメリカ合衆国 カリフォルニア州 95120 サンジョセ ウッドビュー プレース 102
5

(72)発明者 ポ カン ワン
アメリカ合衆国 カリフォルニア州 95120 サンジョセ シャドウブルック ドライブ 1
007

審査官 斎藤 真

(56)参考文献 特開平11-096516(JP, A)
特開平10-091920(JP, A)
特開平09-274710(JP, A)
特開平11-134620(JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G11B 5/39
H01F 41/14-41/34
H01L 43/00-43/14